

CONTART 2018: VII Convención de la Edificación
30 mayo - 1 junio 2018; Zaragoza (Spain): Colegio Oficial de
Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza. Escuela
Universitaria Politécnica de La Almunia, p.61-70

006

PROYECTO DE FABRICACIÓN: LEAN-BIM DESDE EL ESTUDIO DE VIABILIDAD HASTA EL ACTA DE REPLANTEO

SANTOS FONSECA, SALAZAR

Grupo Lobe, Zaragoza, España

E-mail: salazarsantosfonseca@gmail.com, Web: <https://sites.google.com/site/encauzandoelaprendizaje/>

PALABRAS CLAVE: BIM; Lean; Planificación; Contratación; Gestión de proyectos.

RESUMEN

Tradicionalmente, el Proyecto de Ejecución (PE) es el único documento necesario para, desde la obtención de la licencia de construcción, iniciarse la ejecución de obras. Sin embargo, no se considera suficiente la información del PE para definir unos objetivos económicos, temporales y cualitativos para el proceso productivo. En general, la ausencia de unos objetivos claros y concisos nos llevan a una realidad en que se constatan desviaciones indeseadas de los objetivos al final de la ejecución del proyecto.

La gestión de la ejecución de obras de construcción suele estar protagonizada por el alto grado de variabilidad que están sometidos los procesos constructivos, dificultando el acoplamiento entre planificado y realizado, una vez que, en contextos de incertidumbre, se incrementa el riesgo de distanciamiento entre el resultado real y el planificado [1].

El objetivo del trabajo es presentar una metodología para la definición de un Proyecto de Fabricación (PF) que dé respuesta a los siguientes objetivos en los procesos constructivos: eliminar la improvisación, reducir la variabilidad e incrementar la productividad. Generando así, una base de información necesaria y suficiente para que el fulgo de los procesos constructivos propuestos se transforme en un guion inequívoco del desarrollo operacional de la producción.

La sinergia entre la filosofía “*Lean*” y la metodología “*Building Information Modeling*” (BIM) nos posibilita desarrollar una metodología que defina un PF. En el desarrollo de esta metodología se ha utilizado la filosofía “*Lean*” como un hilo conductor entre los distintos usos BIM que contempla el PF: modelo, auditoria, planificación y contratación. La metodología para desarrollar el PF fue definida en Grupo Lobe a través de la investigación en acción (“*Action Research*”) [2], simultaneidad de investigación aplicada y la resolución de un problema real, y viene alojando importantes mejoras en la gestión de los procesos productivos.

1. INTRODUCCIÓN

En una simplificación a las prácticas habituales del proceso de obtención de Licencia de Obra (LO), se puede describir que el desarrollo de una promoción inmobiliaria en España se suele iniciar a partir de una percepción intuitiva de las características del producto, y se sigue por una toma de decisión, tan importante como la viabilidad de la operación, basada en cálculos de rentabilidad estimados. Luego, la redacción del Proyecto de Ejecución (PE) se rige tan apenas por el cumplimiento de la normativa vigente para la obtención de una LO. Eso significa que el proyecto avanza las fases de desarrollo sin una debida orientación al control de su rentabilidad, en una flagrante dependencia de un mercado comprador.

La cultura que ha llevado el mercado inmobiliario a una de las más profundas crisis del sector en España, se ve en entredicho, y a la necesidad de una profunda transformación de su “modus operandi”, una vez que la reducción de demanda, ha cribado, sin entender de nombres y tradición, a los operadores, transformando la supervivencia en el principal objetivo de las empresas. La necesidad de orientar el desarrollo de las operaciones inmobiliarias a la rentabilidad pasa, obligatoriamente, por la necesidad de mejorar la productividad del sector, que por ende invita a repensar el proceso productivo como un todo. La quiebra de paradigmas no se puede entender tan apenas como una mejora de los procesos productivos, pero sí, en una nueva mentalidad para la redacción de los proyectos. Los nuevos proyectos deben reflejar de forma inequívoca los procesos constructivos componiendo un sistema constructivo integrado en el que se diseñe un flujo optimizado de entrada y uso de recursos.

La ejecución de proyectos de construcción siempre ha constituido un universo de gran interés para la investigación de herramientas de gestión que incrementen la productividad del trabajo, que históricamente suele ser muy baja en el sector, y sigue siendo un lastre para la optimización del uso de los recursos materiales y humanos. La tecnología disponible para el sector ha dado un salto importante en las prestaciones que aportan, pero nuevos desenvolvimientos aún constituyen un desafío para cohesionar los distintos procesos de todas las fases del proyecto de un producto inmobiliario.

El desarrollo de nuevas herramientas, informáticas y modelos de gestión, para el sector de la construcción ofrecen una oportunidad de mejora en la gestión de proyectos constructivos [3]. Eso es un aliciente para motivar el desarrollo de aplicaciones que automaticen los procesos de programación operativa y seguimiento de las actividades de producción en los proyectos constructivos. Incluso, se puede decir que es vital para las empresas constructoras asumir el reto de adaptarse a los constantes cambios tecnológicos para mantenerse competitivas [4]. Por otro lado, hoy en día, las principales causas de la baja permeabilidad de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el sector de la construcción aún son objeto de algunas investigaciones, [3]. Las herramientas disponibles para el sector

suelen presentar soluciones parciales de aplicación exclusiva a un proceso y no al conjunto del proyecto, siendo esta, la principal razón que se detecta una falta de integración en las herramientas de gestión existentes en las obras [5][6].

La metodología “*Buiding Information Modeling*” (BIM) y la filosofía “*Lean*”, que han sido desarrolladas de forma separadas, y se presentan, en la actualidad, como dos herramientas complementarias para lidiar con la complejidad del producto y del proceso en el sector inmobiliario. En investigaciones recientes se han identificado diversas interacciones únicas entre las funcionalidades del BIM y los procesos “*Lean*” [7]. La filosofía “*Lean*” también se complementa con el Sistema de Gestión Basado en la Localización (LBMS – “*Location-Based Management System*”) que es la última generación de la programación por áreas [8], y su énfasis general es la planificación de la productividad [9]. Sus implementaciones requieren cambios en las formas de trabajar, y eso es más difícil que simplemente implementar una nueva tecnología. Los cambios sustanciales exigen esfuerzos a largo plazo y un entorno de negocios y de trabajo estable.

Es fácilmente comprensible que el proceso decisorio requiere información completa, exacta y actualizada sobre el estado de ejecución de un proyecto. Cuando se toman decisiones sin basarse en la información adecuada, o sea, en contextos de incertidumbre, se incrementa el riesgo de distanciamiento entre el resultado obtenido, a partir de ellas, y el planificado [1]. Así que es fundamental establecer procedimientos de gestión para recoger los datos operativos y transformarlos en información de calidad como soporte a la toma de decisión.

El principal objetivo de esta comunicación es presentar el enfoque de la metodología GLOBE, que fue desarrollada de forma conjunta entre Grupo LOBE y su socio tecnológico en el proyecto, HIBERUS Tecnología, sobre los procesos “*Lean*” que desarrollan el Proyecto de Fabricación. En el marco de la metodología GLOBE, se ha desarrollado de forma conjunta una herramienta informática, HUBE, para facilitar la asociación y consulta de información sobre los modelos BIM y dotarlo de la suficiente transversalidad a través de las distintas áreas de conocimiento en una organización. El proyecto tuvo reconocido su carácter de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), una Entidad Pública Empresarial, dependiente del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España, GLOBE es una metodología que aporta una nueva perspectiva sobre la interacción y responsabilidades de los actores involucrados en la ejecución completa de un proyecto inmobiliario. El desarrollo de GLOBE, está orientado a la transformación digital del sector de la construcción apoyándose en la filosofía “*Lean*” para incrementar los usos BIM. El desafío de la metodología/herramienta es posibilitar una mejora continua que permita que el éxito de un proyecto, que puede ser medido por el logro de sus objetivos económicos, temporales y cualitativos [10], se refleje también en la mejora relativa de estos indicadores de productividad y rentabilidad entre proyectos subsecuentes.

2. METODOLOGÍA GLOBE

Teniendo la industria de la automoción como ejemplo, la metodología GLOBE propone una gestión industrializada de los proyectos inmobiliarios a través de la incorporación de tecnología y una constante investigación para facilitar la adopción e integración de la filosofía “*Lean*” y usos BIM en los proyectos de productos inmobiliarios. Entre las principales

prácticas identificadas en la industria de la automoción que la metodología GLOBE busca trasladar al sector de la construcción están: la innovación como una estrategia organizacional; la definición del producto de forma digital con una evolución gradual desde su concepción hasta la postventa; un entorno colaborativo en la cadena de servicios y suministros basados en una estrategia relacional; la estandarización de procesos; la industrialización de procesos, la visión del proceso productivo basado en un flujo de consumo de recursos.



Figura 1: Metodología GLOBE, interacción de procesos con HUBE

La sinergia entre “Lean” y BIM, en la metodología GLOBE, se potencia con el desarrollo conjunto de la herramienta tecnológica que permite mejorar la interacción entre ambas y proporciona información de soporte a la toma de decisión. Se ha planteado el desarrollo propio de la herramienta de intercambio de datos (HUBE) para dar respuesta a la compleja interoperabilidad entre los distintos softwares comerciales utilizados con anterioridad, y que ninguno de ellos cubría de forma satisfactoria. Como resultado de esta interacción se define un flujo de intercambio de datos en cada fase del proyecto, definidos por procesos *Lean*”, sobre la base de datos de los modelos BIM a través de los módulos de la herramienta tecnológica, como representado en la figura 1.

La metodología GLOBE se apoya en tres pilares fundamentales: Sistema de codificación, modelo BIM, procesos “Lean”. La definición y desenvolvimiento conceptual de estos pilares son el resultado conjunto de la aplicación de la investigación en acción que es, en la práctica, la simultaneidad de la resolución del problema a la vez que se amplía el conocimiento científico, así como proporciona la mejora de las competencias de los actores involucrados. La vocación de Grupo LOBE y su orientación estratégica a la innovación han facilitado la implantación de la investigación en acción.

El sistema de codificación relaciona las actividades, los métodos y los recursos. La estructura del sistema de codificación permite una fácil adaptación de la estructura tradicional de las bases de datos existentes en España que relacionan los recursos a las unidades de obra (partidas). El nivel de Actividad define un conjunto de recursos humanos y materiales que son utilizados de forma simultánea en el tiempo. Los métodos constructivos están en un nivel intermedio, que funcionan como bisagras entre las actividades y los recursos, y son a la vez, el punto de conexión de los elementos del modelo BIM con la base de datos.

Los recursos humanos y materiales constituyen el nivel fundamental de los conceptos que la metodología GLOBE tiene como objetivo definir y optimizar su flujo en cada proyecto. A cada tipología de recurso se asigna un atributo para definir su tratamiento en la planificación, contratación y seguimiento.

En el marco de la metodología GLOBE, la herramienta HUBE posee un módulo de base de datos que gestiona los tres niveles de la codificación, Actividades, Métodos y Recursos a través de una estructura relacional entre estos conceptos definiendo tres tipos de rendimientos. Los rendimientos de consumo permiten establecer la cantidad necesaria del recurso para la ejecución de las actividades de los procesos constructivos, los rendimientos de producción posibilitan determinar la duración de una actividad en función de los equipos de ejecución asociados, y los rendimientos de asociación permiten distribuir el recurso de un método para su uso en una, o más actividades.

La filosofía “*Lean*” se aplica al diseño de los procesos que determinan el justo momento en que los interesados en el proyecto interactúan unos con los otros a través de los procesos y define el soporte, o en su caso el módulo específico, en que se establece la interacción. El principal objetivo es generar un flujo de trabajo continuo y complementario en que no exista la duplicidad de tareas, o la generación de una misma información en distintos procesos de diferentes áreas, y sí que la información sea reaprovechada. Apoyado en una base de datos codificada y centralizada, pensada con el concepto de dato único, se definen las responsabilidades sobre cada dato evitando incoherencia en origen (su obtención), o uso (consulta de información). La filosofía “*Lean*” también se aplica con la utilización de conceptos del Sistema del Último Planificador (“*Last Planner System – LPS*”) y de la Gestión Integrada del Proyecto (“*Integrated Project Delivery– IPD*”), ambos formulados en el marco de la Construcción Sin Pérdidas (“*Lean Construction*”).

Se considera la incorporación de las nuevas herramientas BIM como el catalizador de una oportunidad para revolucionar los procesos tradicionales de manejo de la información en el sector de la construcción por aportar la transversalidad necesaria para cohesionar el desarrollo de proyectos inmobiliarios. La utilización del BIM abre nuevos canales para la colaboración en el desarrollo de los proyectos y para la propagación e integración de su contenido, además de abrir una importante ventana a la transformación digital de la gestión de los procesos en el sector inmobiliario. La metodología GLOBE define grados de evolución del modelado y los usos BIM aplicados a cada fase de desarrollo del Proyecto de un Producto Inmobiliario para ajustar la carga de trabajo a la necesidad de información. Se definen unos conceptos propios de la metodología GLOBE para los elementos del modelo BIM que posibiliten las necesarias interacciones con los procesos y la diferenciación del modelo en cada fase en cuanto a su: codificación, zonificación, y dimensión de los elementos.

Previamente al inicio de la elaboración de un modelo, se define una biblioteca de familias de tipos de elementos con una codificación referente al método constructivo asociado, que previamente han sido testeados en la herramienta HUBE para que, al ser incorporado al modelo, luego sea seleccionable y devuelva correctamente la cantidad según su unidad de medición cuando manejado por la herramienta HUBE en cada uno de sus módulos. Cada elemento del modelo debe, según el grado de definición exigido para la fase de la metodología, poseer unos atributos, o unas características geométricas compatibles con el uso que se dará al modelo. En cuanto a los atributos, cuando el grado de definición del modelo se lo requiera, a cada elemento utilizado en el modelo se le asocian los atributos de zonificación e identificación.

3. FASES METODOLOGÍA GLOBE

Las fases de la metodología GLOBE son las mismas que se suelen ejecutar, de forma generalizada en los Proyectos Inmobiliarios en España. Sin embargo, la aportación de GLOBE está en el despliegue de un flujo de procesos optimizados, pensados de forma “*Lean*”, que aportan información para la toma de decisión. Estos procesos están diseñados para generar un flujo de trabajo para que cada uno de los actores reciba una información suficiente para realizar su labor, y luego, facilitar al responsable del proceso subsecuente la documentación de entrada necesaria para en un flujo ordenado hasta la toma de decisión final.

3.1 Estudio y análisis

Esta fase tiene su inicio a partir de la identificación de un terreno, que consiste en una oportunidad para el desarrollo de un Proyecto Inmobiliario. El flujo principal de la información de la fase reside en los procesos: Estudio de Mercado; Planificación global de procesos; Definición del valor del producto; Diseño Volumétrico; Estudio de Viabilidad; Opción de compra; Pre-comercialización; Adquisición Terreno.

En la fase de Estudio y análisis cabe destacar dos procesos, entre los que componen esta fase, en la metodología GLOBE: Definición del valor del producto y Diseño Volumétrico. El proceso, Definición del valor del producto, comprende la identificación de los atributos que definen la identidad del producto, que aporta, a su fase de desarrollo, criterios claros para la toma de decisiones en cuanto al equilibrio entre coste y prestaciones. En Grupo LOBE la identidad de cada producto se basa en niveles de aplicación de conceptos como: bajo consumo energético, belleza arquitectónica, estandarización, industrialización y personalización. El Diseño Volumétrico es el proceso por el cual se plantea la definición del ante-proyecto en un entorno BIM, que consiste en un modelo desarrollado con un uso BIM similar al uso de arquitectura. Los elementos del modelo poseen una codificación propia para, en esta fase, disponer de la cuantificación de los recursos humanos y materiales necesarios para la fabricación del producto. Un modelo sencillo, no apto para la fase de Fabricación, pero que la codificación, asociada a los elementos, representa la agrupación de varios métodos constructivos que están desglosados por todos los recursos que lo componen, definiendo el coste de ejecución del proyecto. Este coste objetivo alimenta el proceso de Estudio de viabilidad, y siendo este viable, el coste se transforma en el referente para el desarrollo del proyecto de fabricación.

3.2 Proyecto Fabricación

El proyecto de fabricación engloba lo que sería, en un sistema tradicional, las fases de desarrollo del proyecto de ejecución, de obtención de licencias, de logística de inicio, hasta el Acta de replanteo y de comienzo de obras. La metodología GLOBE propone los siguientes procesos como ruta principal para la fase: Definición del Pliego de prescripciones; Proyecto Básico; Pre-contratación; Proyectos de Área; Proyecto Ejecución; Auditoria Modelo; Genera Base Datos Proyecto; Auditoria Base Datos Proyecto; Planificación; Contratación

En fase de Proyecto de Fabricación se plantea el desarrollo de un guion inequívoco del proceso constructivo para que en la fabricación del producto se genere las mínimas indefiniciones, disminuyendo la improvisación y reduciendo al máximo la variabilidad en una

concepción de proyectar como se construye para construir como se proyecta. La vinculación del modelo BIM con la base de datos codificada es fundamental para la obtención de un guion claro y concreto de los procesos productivos, y que permite la identificación de las actividades que deben ser realizadas y el flujo de recursos humanos y materiales asociado.

Para el modelo BIM que se desarrolla en la fase, Proyecto de Fabricación, se define una codificación, una zonificación, y unas características propias de dimensión de los elementos. En cada proceso, del Proyecto de Fabricación, la codificación asociada a los elementos posibilita el acceso instantáneo sobre la información de la cuantificación y coste de los recursos necesarios y las actividades relacionadas. Con la evolución del proyecto, sea en la fase de Proyecto de Fabricación, o en la fase de Fabricación, el desarrollo de procesos externos asocia, gradualmente, más información a los elementos del modelo BIM. Esa nueva información asociada permite, por ejemplo, conocer en relación a los recursos humanos y materiales su disponibilidad para el uso, si el recurso está: ofertado, contratado, suministrado o consumido, y en cuanto a las actividades sobre su estado: planificado, estimado, programado y ejecutado. El proceso de interacción de la evolución del proyecto con el modelo BIM a través de la utilización de los módulos de la herramienta HUBE es constante e incremental devolviendo cada vez más información disponible para consulta en tiempo real para una toma de decisión más juiciosa.

Los módulos de la herramienta HUBE disponibles en la fase del Proyecto de Fabricación son el de Gestión de la Base de Datos Global, Información, Auditoría, Presupuesto, Planificación y Contratación. Los módulos de Auditoría e Información son los que se utilizan en el desarrollo del modelo BIM. En el desarrollo del modelo BIM se aplican conceptos de la Gestión Integrada de Proyectos, tanto en lo que se refiere al desarrollo simultáneo de las distintas disciplinas como en la forma de trabajo en un espacio diáfano en que los proyectistas de una disciplina pueden solucionar incidencias detectadas por los de otra al instante, en lo que sería una aproximación al concepto de “*Big Room*” (espacio de trabajo compartido multidisciplinar). En grupo LOBE, esta posibilidad de compartir el espacio de trabajo entre las disciplinas del proyecto a ser modelado se extiende a otros perfiles como pueden ser los responsables por la fabricación y/o por la comercialización, ya que en Grupo LOBE el modelo de negocio asume todas las fases de desarrollo del proyecto de un producto inmobiliario.

El modelo de negocio propuesto por Grupo LOBE, y su orientación a un modelo de fabricación inspirado en la industria de la automoción demanda nuevos perfiles profesionales para el sector de la construcción. La metodología GLOBE, en la fase de Proyecto de Fabricación, define una visión del proyecto, que configuran unas competencias profesionales distintas de los proyectistas actuales. Este nuevo perfil profesional sería de un proyectista multidisciplinar, preparado para desarrollar cualquier disciplina en BIM, y además con una clara orientación en relación a la repercusión de las soluciones constructivas en cuanto al coste, la estandarización y la industrialización. Un profesional preparado para tomar decisiones en relación a las distintas soluciones constructivas con respecto a los valores definidos para el proyecto, y hay que buscar el equilibrio también con el cumplimiento del coste objetivo definido en la fase de Estudio de Viabilidad, en un continuo compromiso de trabajar con una perspectiva de 360°. Sobre el modelo BIM auditado se realiza la planificación y la contratación para finalizar la fase de Proyecto de Fabricación.

Una vez se dispone del modelo, se realiza una auditoría que tiene como objetivos principales la comprobación de la correcta asignación de la codificación, zonificación, identi-

ficación en su caso e las características geométricas de sus elementos. Al final del proceso de auditoria se genera de forma automática la versión estática del presupuesto. Sobre esta primera versión del presupuesto se ajustan los rendimientos de consumos propios del proyecto y se comprueba la coherencia del presupuesto en relación a las perspectivas de gestión por actividades, métodos y recursos. A la primera versión del presupuesto estático falta incorporar la dimensión del tiempo para la cuantificación de los recursos alquilados, y así determinar el presupuesto base de contratación.

HUBE posee un módulo de planificación con el cuál es posible generar dependencias entre las actividades definidas sobre cada elemento del modelo, y sobre esta secuencia de ejecución obtener fechas planificadas de inicio y fin de cada actividad a través de la asignación de recursos humanos para su ejecución. La planificación resultante define, la secuencia de ejecución de cada actividad por cada una de las zonas definidas por la zonificación de los elementos del modelo, obteniendo así el flujo de recursos necesarios para la ejecución del proyecto tanto en cantidad como en localización de aplicación generando la necesidad de aprovisionamiento.

Sobre la información resultante de la planificación se realiza la contratación, y con eso, se genera el presupuesto base para la fabricación del producto inmobiliario. El módulo de contratación de HUBE permite la contratación sobre el modelo que se puede visualizar cada uno de los objetos en que se necesitan el recurso objeto de la contratación. En la figura 2 se puede visualizar la aplicación de la metodología GLOBE, con la interacción de las distintas fases del modelo, los procesos y los módulos de la herramienta HUBE. Como último proceso de la fase del Proyecto de Fabricación, se procede a la congelación del modelo BIM y presupuesto que se transforman en la entrada de la fase siguiente, la de Fabricación.

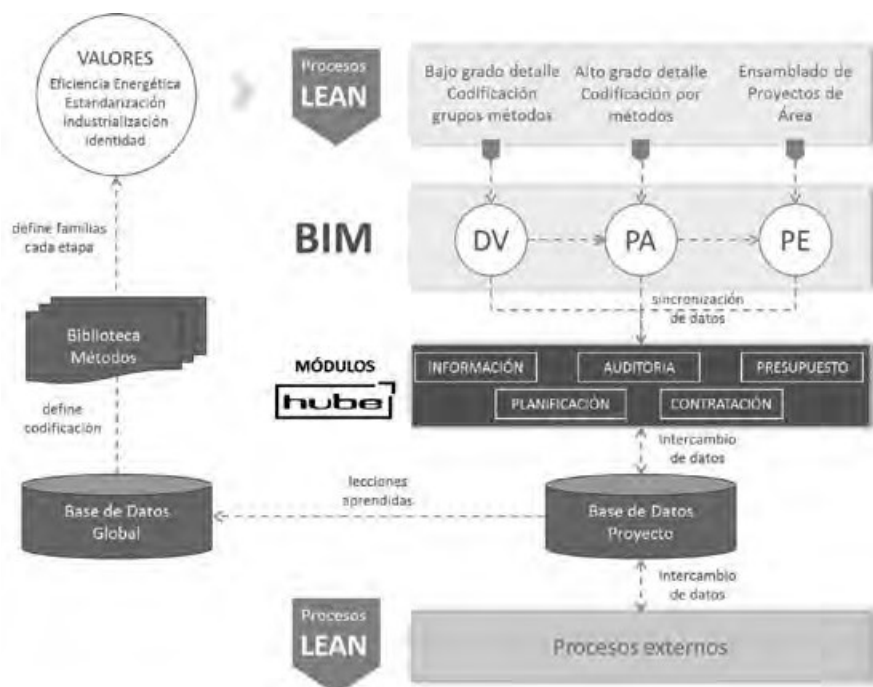


Figura 2: Metodología GLOBE, esquema del flujo de información.

3.3 Fabricación

Esta fase tiene su inicio a partir de la finalización del Proyecto de Fabricación, siendo el Acta de replanteo y comienzo de obra la frontera entre las dos fases. El flujo principal de la información de la fase reside en los procesos: Programación Semanal y Seguimiento Semanal.

La fase de Fabricación no es el objetivo de esta comunicación, pero se considera necesario matizar algunos puntos importantes de la fase. La metodología GLOBE introduce una importante quiebra de paradigmas:

- El centro de trabajo da lugar a un centro de producción,
- El foco se traslada de los objetivos de certificación por la estabilidad del flujo de recursos,
- El resultado de la fabricación en función de la optimización del consumo de recursos.

3.4 Comercialización

Esta fase tiene su inicio en la fase del Estudio de Viabilidad y sigue hasta la postventa. El flujo principal de la información de la fase reside en los procesos: Pre-comercialización, Comercialización, Firma de contratos, Paquetes de personalización y Satisfacción del cliente.

La fase de Comercialización no es el objetivo de esta comunicación, pero se considera necesario identificar los dos puntos que el proceso de comercialización interactúa con las demás fases de la metodología. La pre-comercialización que es vital para la toma de decisión sobre la consecución del proyecto, y la transferencia hacia el modelo BIM de las elecciones personalizadas en el proceso de Paquetes de Personalización.

4. CONCLUSIONES

Grupo LOBE ha necesitado formar, tanto a los técnicos antiguos, como a los de nueva incorporación, para alinear sus competencias a las necesarias para llevar a cabo los nuevos procesos. La aplicación de la metodología GLOBE, en la fase del Proyecto de Fabricación: ha generado un entorno colaborativo, fomentado la integración de los profesionales, estandarizado la terminología y las prácticas empresariales y ha logrado buenos grados de estandarización de las soluciones constructivas, disminuyendo el tiempo de redacción de los proyectos y facilitando los procesos de planificación y contratación. La metodología ha supuesto un cambio en la organización hacia una mejora de la productividad e industrialización de los procesos de construcción en el que la incorporación de nueva tecnología ha sido una transformación menor frente a la producida en la estructura empresarial.

En la metodología GLOBE, el principal cometido de la fase del Proyecto de Fabricación es eliminar la improvisación, reducir la variabilidad e incrementar la productividad de la fase de Fabricación, así que la confirmación de estas bondades serán objeto de análisis en otra comunicación que se abordará en profundidad la fase de Fabricación.

El proceso de desarrollo de una nueva metodología en el sector de la construcción debe ser abordado desde las propias empresas, con implicación y liderazgo de alta dirección, para alinear los beneficios de la metodología a su estrategia empresarial.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Y CITAS EN EL TEXTO)

- [1] Alarcón, L.F. (2014). “*Using Last Planner Indicators to Identify Early signs of Project Performance*”. Proceedings IGLC-22, Oslo, Norway.
- [2] Azhar, S., Ahmad, I., Sein, M. (2010). “*Action Research as a Proactive Research Method for Construction Engineering and Management*.” Journal of Construction Engineering and Management, 136, Special Issue: Research Methodologies in Construction Engineering and Management, 87–98.
- [3] Hosseini, M.R., Chileshe, N., Zuo, J. and Baroudi, B. (2012). “*Approaches for implementing ICT technologies within construction industry*.” Australian Journal of Construction Economics and Building, Conference Series, 1(2) 1-12.
- [4] Vicedo, J.C., Pérez, A.H. (2003), Esteban, F.C.L. 2003. “Análisis de adaptación al sector de la construcción de estructuras organizativas y de producción existentes en el sector automóvil.” V Congreso de Ingeniería de Organización, Valladolid, Burgos.
- [5] Botta-Genoulaz, V., Millet, P.A. (2006). An investigation into the use of erp systems in the service sector. International Journal of Production Economics, 99, 202-21.
- [6] Pellicer, E., Pellicer, T.M., Catalá, J. (2009). “An integrated control system for SMEs in the construction industry”. Revista de la Construcción, 8(2), 4-17
- [7] Sacks, Rafael, Milan Radosavljevic and Ronen Barak (2010). “*Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction*.” Automation in Construction 19(5): 641-655.
- [8] Seppänen, O. (2014). “*A Comparison of taky time and LBMS planning methods*.” Proceedings IGLC-22, Oslo, Norway.
- [9] Shankar, A., Varghese, K. (2013). “*Evaluation of location based management system in the construction of power transmission and distribution projects*.” Indian Institute of Technology, Madras, Chennai, India.
- [10] Pellicer, E., Sanz, M.A., Catalá, J. (2004). “El proceso proyecto-construcción” (*The infrastructure life cycle*). Universidad Politécnica de Valencia (ISBN-84-9705-533-0), 486 pp.